

**COMPARACIÓN DE DOS DISEÑOS MUESTRALES PARA LA ESTIMACIÓN DEL  
DESEMPEÑO ACADÉMICO PROMEDIO DE LOS EGRESADOS DEL  
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN ESTADÍSTICA APLICADA DE LA  
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES.**



**LOS LIBERTADORES**  
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN  
ESTADÍSTICA APLICADA**

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES**

**PROYECTO DE GRADO**

**BOGOTÁ, D. C.**

**2016**

**COMPARACIÓN DE DOS DISEÑOS MUESTRALES PARA LA ESTIMACIÓN DEL  
DESEMPEÑO ACADÉMICO PROMEDIO DE LOS EGRESADOS DEL  
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN ESTADÍSTICA APLICADA DE LA  
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES.**



**LOS LIBERTADORES**  
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN  
ESTADÍSTICA APLICADA**

**ANDERSON FABIÁN BELTRÁN PULIDO  
KAREN LORENA CAVIEDES GÓMEZ**

**DIRECTOR:**  
**MARTHA TATIANA PAMELA JIMÉNEZ VALDERRAMA**  
Estadística, MSc. Estadística

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES**  
**PROYECTO DE GRADO**  
**BOGOTÁ, D. C.**  
**2016**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

Bogotá, D.C. 26 de Noviembre de 2016

Las Directivas de la Fundación Universitaria Los Libertadores, los jurados  
calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios  
e ideas expuestas en el presente documento. Este corresponde únicamente a los  
autores.

## TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	8
Abstract.....	8
Capítulo 1. Introducción .....	9
1.3.    Objetivos .....	12
1.3.1.  Objetivo General.....	12
1.3.2.  Objetivos Específicos .....	13
Capítulo 2. Marco de Referencia .....	13
2.1.  ¿Cómo es entendido el desempeño académico?.....	13
2.3.  Desempeño académico y Muestreo Estadístico.....	15
Capítulo 3. Marco Teórico.....	18
3.1.  Muestreo Probabilístico.....	19
3.1.1.  Población objetivo .....	19
3.1.2.  Unidad de muestreo:.....	19
3.1.3.  Muestra:.....	19
3.1.4.  Unidad de observación .....	19
3.1.5.  Variable de interés .....	19
3.2.  Estimadores para el Muestreo Aleatorio Simple .....	22
3.3.  Estimadores para el Muestreo de Conglomerados .....	23
3.4.    Estimación general del parámetro Media o Promedio .....	25
3.5.    Comparación de Diseños Muestrales .....	25
Capítulo 4. Marco Metodológico.....	26
4.1.    Población Objetivo.....	26
4.2.    Muestra.....	26
4.3.    Unidad Muestral.....	27
4.4.    Unidad de Observación .....	27

4.5.	Parámetro de interés .....	27
4.6.	Variable de interés.....	28
4.7.	Procedimiento.....	28
4.7.1.	Marco Muestral.....	28
4.7.2.	Diseños Muestrales.....	28
4.7.3.	Plan de análisis .....	28
4.7.4.	Análisis y Conclusiones.....	29
4.8.	Plan de Muestreo .....	29
4.8.1.	Diseño de Muestreo Aleatorio Simple M.A.S.....	29
4.8.2.	Diseño de Muestreo de Conglomerados .....	30
4.8.3.	Instrumento .....	30
4.8.4.	Indicador .....	30
4.9.	Consideraciones éticas .....	31
Capítulo 5.	Resultados .....	31
5.1	Cálculo del Tamaño de Muestra .....	31
5.2	Análisis descriptivo de las Muestras .....	37
5.3	Estimación del desempeño académico promedio .....	33
Capítulo 6.	Conclusiones y Recomendaciones .....	40
Capítulo 7.	Referencias .....	43
Capítulo 8.	Ficha Técnica .....	46
Capítulo 9.	Anexos.....	47
Anexo 1.....		47
Anexo 2.....		51

## TABLA DE FIGURAS

Figura 1. <i>Histograma de Calificaciones finales de los egresados de la especialización – M.A.S.</i> .....	38
Figura 2. <i>Promedio por áreas profesionales de los egresados de la especialización – Muestreo de Conglomerados.</i> .....	39
Figura 3. <i>Boxplot comparativo del promedio final de los egresados de la especialización según tipo de muestreo.</i> .....	40

## TABLA DE ECUACIONES

Ecuación 1. <i>Parámetro del total poblacional.</i> .....	21
Ecuación 2. <i>Parámetro de media poblacional.</i> .....	21
Ecuación 3. <i>Parámetro de la varianza poblacional.</i> .....	21
Ecuación 4. <i>Estimador del total (Horvitz – Thompson) para el M.A.S.</i> .....	22
Ecuación 5. <i>Estimador para la varianza muestral para el M.A.S.</i> .....	22
Ecuación 6. <i>Estimador de la media muestral para el M.A.S.</i> .....	22
Ecuación 7. <i>Algoritmo de selección secuencial Fan-Muller.</i> .....	23
Ecuación 8. <i>Fórmula para el cálculo del tamaño de la muestra.</i> .....	23
Ecuación 9. <i>Tamaño del i – ésimo Conglomerado.</i> .....	23
Ecuación 10. <i>Estimador del total poblacional para el Muestreo de Conglomerados.</i> .....	24
Ecuación 11. <i>Estimador de la media poblacional para el Muestreo de Conglomerados.</i> .....	24
Ecuación 12. <i>Estimador general de la media.</i> .....	25
Ecuación 13. <i>Estimador de la varianza del estimador de la media.</i> .....	25
Ecuación 14. <i>Fórmula para el cálculo del efecto del diseño deff.</i> .....	25
Ecuación 15. <i>Calculo del tamaño de Muestra para el Muestreo Aleatorio Simple.</i> .....	31
Ecuación 16. <i>Calculo del tamaño de Muestra para el Muestreo de Conglomerados.</i> .....	32
Ecuación 17. <i>Cálculo del efecto del diseño para los diseños muestrales aplicados.</i> .....	36

# **COMPARACIÓN DE DOS DISEÑOS MUESTRALES PARA LA ESTIMACIÓN DEL DESEMPEÑO ACADÉMICO PROMEDIO DE LOS EGRESADOS DEL PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN ESTADÍSTICA APLICADA DE LA FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES.**

## **Resumen**

El desempeño académico que refleja el proceso de aprendizaje realizado por el estudiante mediante las calificaciones que le son asignadas se ha considerado actualmente como un indicador de la calidad educativa de las instituciones de educación superior, por lo anterior se planteó como objetivo general de la presente investigación, haciendo uso de técnicas de muestreo estadístico de tipo probabilístico, la comparación de dos diseños de muestreo aplicados para la estimación del parámetro promedio del desempeño académico de los estudiantes del programa de Especialización en Estadística Aplicada de la Fundación Universitaria Los Libertadores. Los diseños aplicados Muestreo Aleatorio Simple (M.A.S.) y el Muestreo de Conglomerados permitieron estimar con un margen de error del 0,1 que el desempeño académico de los egresados corresponde a 4,22 y 4,33 respectivamente y que la estrategia muestral más eficiente para dicha estimación corresponde al Muestreo Aleatorio Simple (M.A.S.).

*Palabras Clave:* desempeño académico, estimación media, efecto del diseño, deff, muestreo aleatorio simple, muestreo de conglomerados.

## **Abstract**

The academic performance that reflects the learning process carried out by the student through the grades assigned to him has been considered as an indicator of the educational quality of higher education institutions. Therefore, it was proposed as a general objective of the present research, using statistical sampling techniques of probabilistic type, the comparison of two sampling designs applied for the estimation of the average parameter of the academic performance of students of the Specialization Program in Applied Statistics of the Fundación Universitaria Los Libertadores. The Simple Random Sampling (MAS) and Cluster Sampling models allowed us to estimate with a margin of error of 0.1 that the academic performance of the graduates corresponds to 4.22 and 4.33 respectively and that the most efficient sampling strategy for this estimate corresponds to the Simple Random Sampling (MAS).



Keywords: academic performance, Mean estimation, design effect, deff, simple random sampling, cluster sampling.

## **Capítulo 1. Introducción**

La formación educativa a nivel mundial hace parte fundamental e indispensable dentro de los procesos de formación de los seres humanos, desde su infancia hasta sus últimos días de vida. No es desconocido que la educación, entendida en Colombia como “un proceso de formación permanente, personal cultural y social que se fundamenta en una concepción integral de la persona humana, de su dignidad, de sus derechos y de sus deberes” (Congreso de la República de Colombia, 1994, pp. 1), tiene como objetivo primordial brindarle a las personas las herramientas requeridas dentro de su proceso de desarrollo humano y de enseñanza, necesarios para su adecuada adaptación a las normas culturales de la sociedad.

Dentro de los procesos de formación educativa se hace necesario evaluar el conocimiento adquirido por los estudiantes, si bien se utilizan diversas técnicas de evaluación una de las más utilizadas y aplicadas tradicionalmente se fundamenta en la asignación de un número dentro de una escala predefinida, correspondiente a una valoración sobre el proceso de aprendizaje realizado, que en otros términos, da cuenta del proceso de enseñanza – aprendizaje llevado a cabo por el estudiante.

En Colombia, el Ministerio de Educación Nacional (MEN) se ha encargado en los últimos años de estructurar el sistema de educación y encaminarlo hacia la obtención de la calidad brindándole a los estudiantes una formación que cumpla con los más altos estándares educativos, generando una cultura de evaluación y autoevaluación permanente, capaz de orientar a directivos, docentes y estudiantes al mejoramiento permanente de la calidad de las instituciones y programas de educación superior (Campo, Botero, Ruiz, Hernández, Campo y Marín, 2012). Formalmente, esta investigación se enfoca especialmente en el desempeño

académico del programa de Especialización en Estadística Aplicada (E.E.A.) de la institución de Educación Superior Fundación Universitaria Los Libertadores. Los programas de Especialización tienen como propósito “la cualificación del ejercicio profesional y el desarrollo de las competencias que posibiliten el perfeccionamiento en la misma ocupación, profesión, disciplina o en áreas afines o complementarias” (Ministerio de Educación Nacional, 2006, pp. 1), por tal motivo cobran especial relevancia en la comunidad profesional del país, quienes constantemente están en búsqueda de los mejores programas educativos para continuar con su formación.

En relación a lo anterior, los procedimientos que se llevarán a cabo dentro del presente texto comprenden los contenidos expuestos en los cursos dictados en el programa de E.E.A. de la Fundación Universitaria Los Libertadores, especialmente en la línea de profundización Muestreo Estadístico, cuyas teorías y métodos aplicados serán de utilidad para estimar el desempeño académico de los egresados del programa en mención, dando un indicio sobre la calidad del mismo y brindando herramientas que podrían ser tenidas en cuenta por las directivas del programa como investigaciones relevantes que den cuenta del proceso de aprendizaje y adquisición del conocimiento de sus estudiantes, siendo posiblemente una herramienta de utilidad para acreditaciones de calidad educativa en el futuro.

### **1.1. Justificación**

La relevancia que representa el desempeño académico de los estudiantes ante los programas de formación educativa superior que cursan, se percibe por los autores como un aspecto clave en la construcción de indicadores de desempeño en la calidad de la educación superior capaces de valorar el nivel de la enseñanza actual. Adicionalmente, aunque el desempeño académico puede ser entendido desde diversos aspectos, tales como el social, el personal, el psicológico, el cultural y por supuesto el educativo, es claro que se encuentra

altamente relacionado con una valoración cuantitativa que es brindada por el docente a cargo de determinado curso dentro del programa curricular, que sirve como medida del desempeño y el conocimiento adquirido por el estudiante ante determinados contenidos dentro de los programas de educación.

Esta calificación que es equivalente al desempeño académico, refleja su mayor importancia en los procesos de mejoramiento continuo de las instituciones de educación superior, que se encuentran en constante búsqueda de acreditación de alta calidad. Por todo lo anterior, se considera necesario que las instituciones educativas cuenten con información sobre el desempeño académico de los estudiantes dentro de sus programas de formación, para que a partir de técnicas de muestreo se pueda estimar el promedio de las calificaciones finales de los egresados y así posiblemente generar planes de acción para el fortalecimiento de las condiciones institucionales y educativas que brinden profesionales que respondan a las demandas contextuales de alta calidad en el desempeño laboral y académico, demostrando así, el alto nivel y calidad institucional respecto a sus programas de formación en educación superior.

Ratificando lo anteriormente expuesto, la relevancia de la presente investigación se fundamenta según de la Comisión Higher Education MSA, 1995, citado por Rodríguez, Fita, Torrado (2004, p. 394), en que el desempeño académico de los estudiantes, resulta ser un componente fundamental para determinar si una institución educativa está alcanzando sus objetivos educativos, e indican además, que en estos casos es necesario que toda institución documente rendimiento académico de los estudiantes.

## **1.2. Planteamiento del Problema**

Se evidencia la necesidad de implementar los planteamientos desarrollados en la teoría de muestreo estadístico de tipo probabilístico. Lo anterior, fundamentado en la escasa referencia investigativa en Colombia, en la que se apliquen diseños de muestreo

probabilístico para indagar sobre fenómenos de tipo educativo o social. Específicamente la utilidad e importancia de la aplicabilidad de procedimientos estadísticos en la identificación del desempeño académico, radica en la utilización de técnicas para la estimación de parámetros que brinden información confiable y válida para la postulación de estimadores en torno al desempeño académico promedio basado en una muestra que pueda ser extrapolado a la población de estudio, siendo de utilidad para brindar información sobre los procesos evaluativos y de aprendizaje de los estudiantes.

Por consiguiente, esta investigación se enfoca en dos sentidos; el primero es la aplicación y comparación de métodos de muestreo estadístico para la estimación de parámetros y comparar la estimación contra el parámetro real de la población, y el segundo es dar cuenta de la relevancia que representa para los docentes, directivos y estudiantes conocer el desempeño académico de un programa de educación superior dentro de una institución educativa, que permita además, dar una idea sobre el proceso de aprendizaje realizado por los egresados y sobre la calidad de la institución.

De acuerdo a lo anteriormente planteado y orientada en la educación superior se plantea la siguiente pregunta de investigación ¿Cuál de los dos diseños de muestreo aplicados es más eficiente en la estimación del desempeño académico promedio de los egresados del programa de Estadística Aplicada de la Fundación Universitaria Los Libertadores durante el periodo académico 2002-1 hasta 2015-2?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Comparar dos diseños de muestreo estadístico para la estimación del desempeño académico promedio de los egresados del programa de Especialización en Estadística

Aplicada de la Fundación Universitaria Los Libertadores durante el periodo académico 2002-1 hasta 2015-2.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- ❖ Construir el marco muestral de los egresados del programa de especialización en Estadística Aplicada por periodo académico desde el año 2002-1 hasta el 2015-2.
- ❖ Estimar el desempeño académico promedio de los egresados del programa para cada uno de los diseños de muestreo que se aplicarán, junto con sus correspondientes intervalos de confianza e indicadores de incertidumbre sobre la muestra seleccionada.
- ❖ Determinar cuál de los dos diseños muestrales que se aplicarán; Muestreo Aleatorio Simple (M.A.S.) y Muestreo de Conglomerados, es más eficiente en la estimación del desempeño académico promedio de los egresados del programa, mediante el cálculo del efecto del diseño de muestreo *deff*.

## **Capítulo 2. Marco de Referencia**

El desempeño académico ha sido considerado en gran parte de las investigaciones en educación, un concepto de compleja definición, se reconoce su naturaleza multifactorial al relacionarse directamente con un proceso de enseñanza-aprendizaje en el ser humano. Sin embargo, no es desconocido que en gran parte de las instituciones de educación, el desempeño académico es asimilado como una valoración cuantitativa que es asignada al estudiante, en muchos casos sin tener en cuenta factores sociales, psicológicos, culturales y personales, aunque se reconoce la importancia de éstos dentro del proceso de adquisición de conocimiento.

### **2.1. ¿Cómo es entendido el desempeño académico?**

Algunas de las definiciones que toman en consideración una amplia gama de conceptos relacionados con el desempeño académico se relacionan a continuación. Para

Garbanzo (2007) el desempeño académico es entendido como un consolidado de complejos y diferentes factores que actúan en la persona, adicionalmente considera que éste se mide por medio de las calificaciones obtenidas, cuyos resultados reflejan los cursos (asignaturas) aprobadas, la deserción y el grado de éxito académico del estudiante o de la persona que aprende.

Por otra parte, se menciona que las notas obtenidas por el estudiante son entendidas como un indicador que da cuenta de los logros alcanzados, siendo, al parecer el mejor indicador, preciso y accesible para la definición y medición del rendimiento académico (Rodríguez, Fita, Torrado, 2004). Adicionalmente, estos autores hacen énfasis en que se asume, que las notas reflejan logros académicos en distintos componentes relacionados con el proceso de aprendizaje, tales como el personal, el académico y el social.

Para Erazo 2012, el desempeño académico es un sistema que mide los logros y el proceso de construcción de conocimientos del estudiante, en relación a esto, lo describe como una medida objetiva que evalúa el conocimiento expresado en notas, no obstante reconoce que éste también es resultado de características subjetivas necesarias e involucradas en el proceso de aprendizaje.

Los aportes de Niebla y Guzmán (2007) consideran la relación de la institución educativa ante el rendimiento académico, formalmente explican y definen el desempeño académico como el logro de los objetivos establecidos en los programas educativos, se entiende como la relación entre los objetivos que las instituciones establecen como mínima aprobación y el conocimiento adquirido por la persona que aprende.

Por su parte, autores como De Miguel (2002) hacen referencia a dos tipos de desempeño académico, explica la diferencia entre el desempeño inmediato y el mediato; el primero es entendido literalmente como las notas que le son asignadas al estudiante, mientras que la segunda hace mención a los logros personales y profesionales.

Con base en todo lo anterior y para la presente investigación el desempeño académico es definido por los autores como un indicador que refleja el proceso de aprendizaje realizado por el estudiante mediante las calificaciones que le son asignadas; siendo ésta una medida cuantitativa, dentro de una escala de valoración estandarizada, de la adquisición del conocimiento del estudiante ante el proceso de enseñanza, más no de la calidad del conocimiento obtenido.

Por otra parte, el muestreo es considerado una de las piezas clave en cualquier estudio estadístico, ya que de éste depende la inferencia que se haga sobre parámetros de la población y llega a ser tan crítico como tomar una mala decisión que pueda conllevar pérdidas gigantescas de dinero, tiempo y esfuerzo. No obstante siempre se ha discutido el tema de cómo realizar un buen muestreo de la población ya que existen diversas técnicas cuyo principal objetivo es el mismo, extraer una muestra de individuos de la población. Hoy en día, aún es difícil acertar de un solo intento a una buena extracción de la muestra por lo que las estrategias de muestreo han evolucionado hasta el punto de poder comparar dos diseños muestrales basado en la varianza del estimador.

Como se ha mencionado este trabajo tiene como plus el de aplicar los conocimientos adquiridos por los autores en el espacio académico de especialización en estadística aplicada con énfasis en muestreo.

### **2.3. Desempeño académico y Muestreo Estadístico**

Si bien el tema del desempeño académico cobra especial relevancia en el ámbito educativo, las múltiples investigaciones desarrolladas abordan los aspectos cualitativos y cuantitativos del desempeño. El desempeño académico se encuentra altamente relacionado con aspectos diferentes al netamente cuantitativo (asignación de una calificación), al ser seres humanos quienes están atravesando diferentes procesos de aprendizaje, no puede desconocerse la influencia de áreas de ajuste personales, sociales y psicológicas.

Por esta razón, aunque las aplicaciones de las técnicas de muestreo estadístico de tipo probabilístico no son ampliamente empleadas en las investigaciones de corte educativo – social, existen algunas en las cuales se realiza un abordaje interesante aunque no centrado en la ciencia estadística; como por ejemplo en la aplicación de técnicas de muestreo probabilístico para la estimación de parámetros o comparación de eficiencia entre diseños, pero que han servido de utilidad para describir el desempeño académico en estudiantes y su relación con otras variables.

En referencia a lo anteriormente expuesto, algunas investigaciones como la realizada por Gómez, Oviedo y Martínez (2011), demuestran la importancia que tiene el desempeño académico y el promedio obtenido por los estudiantes. El objetivo de esta investigación fue determinar el rendimiento académico percibido de los estudiantes universitarios y adicionalmente identificar si existe alguna relación estadística con las variables sexo, carrera, semestre, promedio y la satisfacción con su profesión. Para determinar el tamaño de la muestra se aplicó la ecuación para cálculo muestral de universo (población) infinita (384 estudiantes) y finita (238 estudiantes), se consideró un error del 5% y una probabilidad de éxito del 0,5. A partir del cálculo de la muestra, se realizó el diseño de muestreo estratificado, concretamente cada estrato del estudio correspondía a las carreras incluidas dentro del marco muestral de la Unidad Académica Multidisciplinaria Zona Media (México). A ésta muestra le fue aplicado un instrumento para medir la satisfacción de los estudiantes con la carrera elegida junto con siete aspectos relacionados que pretendían medir el rendimiento percibido por el estudiante. Dentro de los hallazgos más relevantes se encuentra que el desempeño académico se relaciona con el promedio obtenido por el estudiante y la satisfacción que éste tenga con su carrera.

En la misma línea, se realizó una investigación que pretendía determinar la relación existente entre el rendimiento académico y la autoestima en estudiantes de la Facultad de



Enfermería de Poza Rica de la Universidad Veracruzana. Los autores Cruz y Quinones (2012) contaron con una población de 377 estudiantes, de los cuales 79 conformaron la muestra, se refiere un error del 5%. Se aplicó un muestreo probabilístico estratificado con aplicación de la fórmula de Kish utilizada para determinar el tamaño de muestra por estrato, formalmente cada estrato correspondía al semestre cursado por el estudiante. A la muestra mencionada, le fue aplicado el Inventario de Autoestima de Coopersmith ( $\alpha = 0,80$ ), para determinar el rendimiento académico de los estudiantes se consideró el promedio ponderado del periodo anterior, considerando los niveles Excelente (90 a 100), Bueno (89 a 89), Regular (70 a 79) y Bajo (60 a 69). Los análisis realizados permitieron evidenciar que existe una correlación de alta significancia positiva con una probabilidad (p) menor de 0,01, entre la autoestima y rendimiento académico.

Finalmente, la investigación realizada por Carmona, Sánchez y Bakieva (2011) realizada en el ámbito de la educación primaria, se orientó hacia el objetivo de determinar la relación del rendimiento académico según el tipo de autoconcepto (académico y general) y realización de actividades extraescolares en estudiantes de primaria. Para tal fin, se aplicaron pruebas estandarizadas de rendimiento (Proyecto del INCE para diferentes materias), un instrumento diseñado ad-hoc para autoconcepto académico general (Escala de Autoconcepto General y la Escala de Autoconcepto Académico,  $\alpha = 0,71$  y  $0,77$  respectivamente) y actividades extraescolares a una muestra seleccionada mediante la aplicación de un diseño de muestreo por conglomerados y estratificado en dos etapas; inicialmente se determinó si se trataba de una institución pública o privada y el reparto proporcional al número total de éstas existentes por provincia y tamaño del municipio, y en la segunda etapa se seleccionó aleatoriamente el aula en cada una de las instituciones. Para analizar los resultados obtenidos se realizaron análisis de tipo multivariado, uno de los hallazgos más relevantes indica que los

estudiantes que realizan actividades extraescolares de tipo académico presentan un mejor desempeño.

Sin embargo, estas variables que puedan afectar el resultado promedio no serán tenidas en cuenta por los autores debido al objetivo general que pretende comparar dos diseños de muestreo basados en la estimación de la calificación promedio de la población de egresados del programa de E.E.A.

### **Capítulo 3. Marco Teórico**

Dado el muestreo estadístico como línea de profundización de los autores, el presente trabajo tiene como principal objetivo la comparación de dos diseños muestrales para estimar la calificación promedio de los egresados del programa de E.E.A. Para ello se hace indispensable aclarar algunos conceptos con el fin de dar total claridad y comprensión a los lectores.

Como eje fundamental, se hace referencia al muestreo estadístico de tipo probabilístico cuyas principales características refieren que los elementos a seleccionar deben tener una probabilidad mayor a cero de ser seleccionados y que adicionalmente, la probabilidad de selección nunca será la misma. La técnica de muestreo, según Tellez, Lemus y Guerrero (2014) es utilizada cuando se desea obtener información sobre un conjunto de elementos poblacionales que por diferentes circunstancias no es posible el acceso, sin embargo, es posible acceder a una parte de los elementos de la población, sobre los cuales se pueden generar inferencias.

Existen diferentes tipos de muestreo estadístico de tipo probabilístico, cada uno con características propias que hacen posible su aplicabilidad dependiendo de la naturaleza de los elementos que se desean seleccionar. Algunos tipos de muestreo comúnmente aplicados son Muestreo Aleatorio Simple (MAS), Muestreo Estratificado, Muestreo de Conglomerados y Muestreo Sistemático (Martínez, 2012), para cada uno de ellos existen determinadas formas

de selección de elementos. Un aspecto importante dentro de la aplicación de diseños muestrales, es la posibilidad de comparar su eficiencia frente a las estimaciones de los parámetros que se deseen determinar.

### **3.1. Muestreo Probabilístico**

Ahora bien, en primer término, el abordaje del diseño de muestreo exige precisar los conceptos básicos de muestreo, como población objetivo, muestra, unidad de muestreo, unidad de observación y variable de interés. Lo que Andrés Gutiérrez (Gutiérrez, 2015) define como:

**3.1.1. Población objetivo:** es la colección completa de todas las unidades que se quieren estudiar.

**3.1.2. Unidad de muestreo:** es el objeto a ser seleccionado en la muestra que permitirá el acceso a la unidad de observación.

**3.1.3. Muestra:** es un subconjunto de la población.

**3.1.4. Unidad de observación:** es el objeto sobre el que finalmente se realiza la medición.

**3.1.5. Variable de interés:** es la característica propia de los individuos sobre la que se realiza la inferencia para resolver los objetivos de la investigación. Formalmente, para la presente investigación la variable de interés, entendida como el desempeño académico y referida mediante la calificación final promedio del egresado, es entendida como un indicador que refleja el proceso de aprendizaje realizado por el estudiante mediante las calificaciones que le son asignadas; siendo ésta una medida cuantitativa, dentro de una escala de valoración estandarizada, de la adquisición del conocimiento del estudiante ante el proceso de enseñanza, más no de la calidad del conocimiento obtenido.

En la teoría de muestreo la variable de interés no se supone como una variable aleatoria sino como una cantidad fija o una característica propia de las unidades que componen la población.

Dados los anteriores conceptos en el Capítulo 4. Metodología, se pone en contexto cada una de las definiciones para la aplicación de estudio.

El muestreo es la técnica utilizada para seleccionar una muestra de la población de estudio de tal manera que este reúna todas o la mayor cantidad de las características de la población. Existen gran variedad de estrategias para seleccionar una muestra y esta depende del objetivo del estudio como de la uniformidad de los individuos. Para este caso se utilizan dos tipos de muestreo, Muestreo Aleatorio Simple (M.A.S) y Muestreo de Conglomerados. El M.A.S se utiliza para poblaciones donde los individuos cuentan con las mismas características, es decir, la población es homogénea mientras que el de Conglomerados se utiliza cuando, es posible, debido a la naturaleza de la población dividirla en subgrupos, se asume además homogeneidad de grupos y dentro de cada conglomerado o clúster heterogeneidad.

Dado que los egresados del programa son individuos de similares características que cursan un número determinado de créditos educativos para obtener el título, se plantea aplicar un M.A.S, comparado contra un diseño de conglomerados, donde cada conglomerado corresponde al periodo académico o semestre de ingreso, generando así grupos de forma natural dentro de la población, cada uno asociado con un año y con un periodo académico de la especialización.

Consecuentemente, como el propósito de cualquier estudio por muestreo es estudiar una característica de interés que se encuentra asociada a cada unidad de la población (Gutiérrez, 2015), es necesario definir los conceptos de parámetro de interés y estimación estadística. Un parámetro de interés se puede entender como una característica de la

población, dicho parámetro toma un valor de  $y_k$  para una unidad  $k$ . El valor de  $y_k$  es una cantidad fija y su función es estimar una función de interés  $T$ . Entiéndase estimación como el valor de la característica calculado para la muestra el cual se espera corresponda con precisión al parámetro real de la población. Debido a que el cálculo del parámetro se hace sobre la muestra y no sobre la población, es importante considerar un error de estimación el cual puede ser medido como un margen de error y se le otorga un límite o intervalo de confianza para la estimación, el cual hace constar la precisión de la misma. Algunos de los parámetros de interés más comúnmente utilizados son (Gutiérrez, 2015):

❖ El total poblacional:

$$t_y = \sum_{k \in U} y_k$$

**Ecuación 1.** *Parámetro del total poblacional.*

❖ La media poblacional:

$$\bar{y}_U = \frac{\sum_{k \in U} y_k}{N} = \frac{t_y}{N}$$

**Ecuación 2.** *Parámetro de media poblacional.*

❖ La varianza poblacional:

$$S_{yU}^2 = \frac{\sum_{k \in U} (y_k - \bar{y}_U)^2}{N - 1}$$

**Ecuación 3.** *Parámetro de la varianza poblacional.*

Como se ha referido anteriormente, el objeto de estudio de la presente investigación es la media poblacional enfocada al promedio de las calificaciones finales de los egresados del programa de E.E.A. En muchas ocasiones los parámetros reales de la población son muy difíciles de medir, bien sea por el costo financiero de realizarlo o por la imposibilidad de acceder a toda la información. Por tal motivo se requiere el uso de estimadores que se aproximen con precisión al parámetro de interés.

### 3.2. Estimadores para el Muestreo Aleatorio Simple

De esta manera para un M.A.S se trabaja con los siguientes estimadores para el total, la media y la varianza muestral (Gutiérrez, 2015):

- ❖ Estimador del total (Horvitz – Thompson):

$$\hat{t}_{y,\pi} = \frac{N}{n} \sum_S y_k$$

**Ecuación 4.** *Estimador del total (Horvitz – Thompson) para el M.A.S.*

- ❖ Estimador para la varianza muestral:

$$\widehat{VAR}_{MAS}(\widehat{t}_{y,\pi}) = \frac{N^2}{n} \left(1 - \frac{n}{N}\right) S_{yS}^2$$

**Ecuación 5.** *Estimador para la varianza muestral para el M.A.S.*

- ❖ Estimador de la media muestral:

$$\hat{\bar{y}}_{\pi} = \bar{y}_S$$

**Ecuación 6.** *Estimador de la media muestral para el M.A.S.*

Definidos los estimadores ahora es necesario considerar la selección de la muestra definiendo el algoritmo de selección que se aplicará. Para entender el concepto de algoritmo de selección, se presentará un breve ejemplo: suponga una urna que tiene  $N$  balotas y se desea seleccionar  $n$  de éstas, es posible seleccionar las balotas con o sin reemplazo, es decir, se puede elegir una balota y se puede rechazar devolviéndola a la urna (con reemplazo) o se selecciona y se saca de la urna para seleccionar la siguiente (sin reemplazo). Para la selección de la muestra en el diseño M.A.S se decide utilizar el algoritmo Fan Muller.

Fan Muller y Rezucha (Muller & Rechuza, 1962) implementaron un algoritmo de selección secuencial el cual se caracteriza por recorrer todo el marco muestral, elemento por elemento, y se decide la inclusión o no del elemento en la muestra. Para el realizar el proceso se debe asignar un número aleatorio entre 0 y 1 a cada elemento del marco muestra y realizar los siguientes pasos; inicialmente  $\xi_k \sim U(0,1)$ , luego el cálculo del algoritmo de selección

secuencial Fan-Muller, para posteriormente determinar si el elemento  $k$  pertenece a la muestra. (Gutiérrez, 2015):

$$c_k = \frac{n - n_k}{N - k + 1}$$

**Ecuación 7.** *Algoritmo de selección secuencial Fan-Muller.*

Donde:

$n_k$ : es la cantidad de objetos seleccionados en los  $k - 1$  ensayos anteriores.

Por otra parte, con el objetivo de conocer el tamaño de muestra que debe ser tenido en consideración en el plan de muestreo que se desee aplicar, es necesario resolver la siguiente ecuación (Bautista, 1998):

$$n \geq \frac{N^2 S_{yU}^2}{\frac{Vo}{deff} + N S_{yU}^2}$$

**Ecuación 8.** *Fórmula para el cálculo del tamaño de la muestra.*

Donde:

N: Tamaño del universo o población,  $S_{yU}^2$ : Varianza poblacional, Vo: Varianza esperada del estimador,  $deff$ : Efecto del diseño – Error.

### 3.3. Estimadores para el Muestreo de Conglomerados

Por otra parte, para el Muestreo de Conglomerados se tiene inicialmente que la población es dividida naturalmente en sub-grupos, la cantidad de unidades, es decir el tamaño del  $i - \text{ésimo}$  conglomerado se denota de la siguiente forma (Gutiérrez, 2015):

$$N = \sum_{i=1}^{N_i} N_i$$

**Ecuación 9.** *Tamaño del  $i - \text{ésimo}$  Conglomerado.*

Donde:

N: Tamaño de la población U,

En este sentido, los parámetros de interés pueden ser estimados de la siguiente forma:

- ❖ Total poblacional estimado ( $\hat{t}_y$ ):

$$\hat{t}_y = \sum_{k \in U} yk = \sum_{i=1}^{N_I} \sum_{k \in U_i} yk = \sum_{i=1}^{N_I} t_{yi}$$

**Ecuación 10.** *Estimador del total poblacional para el Muestreo de Conglomerados.*

Donde:

$\sum_{k \in U_i} yk$ : Total del  $i$  –ésimo conglomerado.

$N_i$ : Número de unidades en el conglomerado.

- ❖ La media poblacional estimada ( $\hat{\bar{y}}$ ):

$$\hat{\bar{y}}_U = \frac{\sum_{k \in U} yk}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N_I} \sum_{k \in U_i} yk = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N_I} N_i \bar{y}_i$$

**Ecuación 11.** *Estimador de la media poblacional para el Muestreo de Conglomerados.*

Donde:

$\frac{1}{N_i} \sum_{k \in U_i} yk$ : Media del  $i$  –ésimo conglomerado.

Con el tamaño muestra y los parámetros a estimar definidos se debe aplicar el algoritmo de selección que será utilizado para seleccionar los conglomerados (muestra) de la población. Para ello, dentro del Muestreo de Conglomerados se ha determinado utilizar el algoritmo de selección Bernoulli el cual conlleva en primera instancia fijar el valor de  $\pi$  tal que  $0 < \pi < 1$ , posteriormente obtener  $\varepsilon_k$  para  $k \in U$  como  $N$  realizaciones independientes de una variable aleatoria con distribución uniforme sobre el intervalo  $[0,1]$  y finalmente se determina si  $\varepsilon_k < \pi$ , para que el elemento sea seleccionado en la muestra (Gutiérrez, 2015).



### 3.4. Estimación general del parámetro Media o Promedio

Con el objetivo de aplicar una formula general a los dos tipos de muestreo elegidos, se describen a continuación las ecuaciones utilizadas para la estimación del parámetro del promedio (media) junto con su correspondiente estimador de varianza. Cabe mencionar que para cada una de ellas se aplican los argumentos propios de cada plan de muestreo como lo son los  $\pi k$  (Bautista, 1998).

❖ Estimador general de la media estimada ( $\bar{y}$ ):

$$\tilde{y}_s = \frac{\hat{t}_{y\pi}}{\hat{N}_\pi} = \frac{\sum_s \frac{y_k}{\pi k}}{\sum_s \frac{1}{\pi k}}$$

**Ecuación 12.** *Estimador general de la media.*

❖ Estimador general de la varianza del estimador ( $\bar{y}$ ):

$$\widehat{VAR}(\tilde{y}_s) = \frac{1}{N^2} \sum \sum_s \frac{\Delta k l}{\pi k l} \left( \frac{y_k - \tilde{y}_s}{\pi k} \right) \left( \frac{y_l - \tilde{y}_s}{\pi l} \right)$$

**Ecuación 13.** *Estimador de la varianza del estimador de la media.*

### 3.5. Comparación de Diseños Muestrales

Para comparar la eficiencia entre dos estrategias de muestreo se acude a una medida llamada efecto de diseño (*deff*, por sus siglas en inglés). Esta técnica muestra la pérdida o ganancia de precisión al utilizar una estrategia de muestreo más compleja que un M.A.S. Para el caso del presente trabajo se desea comparar la eficiencia de un M.A.S frente a un diseño Muestral de Conglomerados con selección Bernoulli. Para ello se acude a la siguiente expresión:

$$deff = \frac{Var_{CBER}(\hat{t}_{y,\pi})}{Var_{MAS}(\hat{t}_{y,\pi})} = 1 - \frac{1}{N} + \frac{1}{CV_y^2} \cong 1 + \frac{1}{CV_y^2}$$

**Ecuación 14.** *Fórmula para el cálculo del efecto del diseño deff.*

La interpretación del resultado del *deff*, permite identificar que si la varianza del numerador, en este caso la varianza del estimador obtenido mediante el diseño muestral con selección Bernoulli es más grande que la varianza del denominador, en este caso la varianza del estimador obtenido mediante el diseño M.A.S., se ha perdido precisión al utilizar una estrategia de muestreo más compleja; sin embargo, si el cociente es menor que 1, se ha logrado mayor precisión (Gutiérrez, 2015), es otras palabras si el coeficiente obtenido es mayor a 1 es posible concluir que el Muestreo Aleatorio Simple es más efectivo para la estimación respecto al otro diseño muestral. Finalmente, se considera que con la información expuesta anteriormente se cuenta con las herramientas necesarias y suficientes para estimar el parámetro de interés en las calificaciones finales obtenidas por los egresados del programa de E.E.A. durante el periodo académico 2002-1 hasta 2015-2, de acuerdo con dos diseños de muestreo distintos y evaluar su precisión.

#### **Capítulo 4. Marco Metodológico**

La presente investigación relaciona un estudio de tipo descriptivo, puesto que se estima el desempeño académico promedio de los egresados del programa de E.E.A. A continuación se refieren y describen los conceptos básicos de muestreo específicos de la presente investigación:

##### **4.1. Población Objetivo**

Egresados del programa de E.E.A. de la Fundación Universitaria Los Libertadores del periodo académico 2002-1 hasta el 2015-2.

##### **4.2. Muestra**

Egresados del programa de E.E.A. de la Fundación Universitaria Los Libertadores del periodo académico 2002-1 hasta el 2015-2.

### 4.3. Unidad Muestral

Egresados del programa de E.E.A. de la Fundación Universitaria Los Libertadores del periodo académico 2002-1 hasta el 2015-2.

Los egresados del programa dentro de los periodos académicos de referencia se encuentran distribuidos de la siguiente forma:

**Tabla 1**

*Distribución de egresados del programa por año.*

<b>Año</b>	<b>Periodo Académico 1</b>	<b>Periodo Académico 2</b>	<b>Total general</b>
2002	30	16	46
2003	12	9	21
2004	8	1	9
2005	1	1	2
2006	0	3	3
2007	1	8	9
2008	12	13	25
2009	25	27	52
2010	23	14	37
2011	40	21	61
2012	27	24	51
2013	29	23	52
2014	24	29	53
2015	21	23	44
<b>Total general</b>	<b>253</b>	<b>212</b>	<b>465</b>

Se presenta la distribución de egresados del programa de Estadística Aplicada de la Fundación Universitaria Los Libertadores del periodo académico 2002-1 hasta el 2015-2 y el total general.

### 4.4. Unidad de Observación

Calificación final obtenida de los egresados del programa de E.E.A. de la Fundación Universitaria Los Libertadores del periodo académico 2002-1 hasta el 2015-2.

### 4.5. Parámetro de interés

Promedio (Media) de las calificaciones finales obtenidas por los egresados del programa de E.E.A. de la Fundación Universitaria Los Libertadores del periodo académico 2002-1 hasta el 2015-2.

#### **4.6. Variable de interés**

Desempeño académico - Calificaciones promedio obtenidas por los egresados del programa de E.E.A. de la Fundación Universitaria Los Libertadores del periodo académico 2002-1 hasta el 2015-2.

#### **4.7. Procedimiento**

Para el desarrollo de ésta investigación se estableció un procedimiento dividido en cuatro etapas, expuestas a continuación:

##### **4.7.1. Marco Muestral**

Se procedió a realizar los trámites necesarios y requeridos ante el Departamento de Ciencias Básicas para lograr tener acceso a la base de datos con la calificación promedio que obtuvieron los egresados del programa de E.E.A. de la Fundación Universitaria Los Libertadores en los periodos académicos comprendidos entre el 2002-1 hasta el 2015-2. Una vez se obtuvo dicho acceso a la información requerida se aseguró el correcto manejo de la información, como se expone en el apartado 4.8. Consideraciones éticas.

##### **4.7.2. Diseños Muestrales**

Calculado el tamaño de la muestra para el Muestreo Aleatorio Simple y el Muestreo de Conglomerados se procedió a aplicar los planes muestrales con sus algoritmos de selección de elementos Fan-Muller y Bernoulli respectivamente, a la base de datos de egresados del programa de E.E.A.

##### **4.7.3. Plan de análisis**

Se llevó a cabo la estimación sobre el parámetro de interés a las muestras seleccionadas en cada uno de los diseños muestrales, junto con sus intervalos de confianza, varianza y márgenes de error. Posteriormente, se realizó la aplicación de la fórmula

expresada en la ecuación 14 relacionada con el efecto del diseño, para identificar cual de los muestreos aplicados es más eficiente en la estimación. Finalmente, se llevó a cabo un análisis univariado de sobre la calificación promedio y profesión de los egresados. Para lo anterior, se hizo uso del programa Microsoft Office Excel 2007 y el Software R-Studio 3.3.1.

#### **4.7.4. Análisis y Conclusiones**

En la fase final se llevó a cabo un análisis de los resultados obtenidos sobre la aplicación de los diseños muestrales, los estimadores, intervalos de confianza e indicadores de eficiencia dando respuesta a la pregunta de investigación planteada inicialmente.

#### **4.8. Plan de Muestreo**

Debido al tipo de estudio y las características de la población, los diseños de muestreo seleccionados son el Muestreo Aleatorio Simple (M.A.S.) y el Muestreo de Conglomerados.

##### **4.8.1. Diseño de Muestreo Aleatorio Simple M.A.S.**

Se elige este tipo de diseño muestral teniendo en consideración la naturaleza relativamente homogénea de los datos que se desean seleccionar (calificación de los egresados de un programa de posgrado en ciencias básicas aplicadas), adicionalmente se cuenta con el marco muestral de los egresados del programa de E.E.A. de la Fundación Universitaria Los Libertadores del periodo académico 2002-1 hasta el 2015-2.

Como método de selección de muestra dentro del M.A.S. se aplicará el algoritmo de **Selección Fan-Muller** caracterizado por seleccionar los elementos sin reemplazo, durante éste procedimiento se asignan números aleatorios distribuidos uniformemente en el intervalo  $(0 - 1)$  y se seleccionan los elementos que se encuentran por debajo del criterio de selección determinado (Tellez, Lemus y Guerrero, 2014).

#### **4.8.2. Diseño de Muestreo de Conglomerados**

Se elige este tipo de diseño muestral teniendo en consideración la naturaleza relativamente homogénea de los datos entre grupos y su heterogeneidad dentro de los mismos, puesto que se conoce la varianza poblacional y adicionalmente es posible dividir la población de estudio en conglomerados o clusters, según el periodo académico de ingreso al programa de E.E.A. de la Fundación Universitaria Los Libertadores comprendidos entre el 2002-1 hasta el 2015-2. Dicha selección se hace a consideración de los autores y tiene como fin único ser comparado contra un M.A.S.

Para este diseño se utilizará como método de selección de muestra, el Algoritmo de **Selección Bernoulli**, este algoritmo es caracterizado por la asignación inicial de una probabilidad previa (criterio de selección, establecido por expertos el valor de 0,25) a partir del cual se determina si el conglomerado es seleccionado o no dentro de la muestra (Tellez, Lemus y Guerrero, 2014).

#### **4.8.3. Instrumento**

Base de datos con las calificaciones finales, las profesiones y el periodo académico del 2002-1 al 2015-2 de los egresados del programa de E.E.A. de la Fundación Universitaria Los Libertadores suministrada por y con la autorización de las directivas de la institución en mención.

#### **4.8.4. Indicador**

La variable de calificaciones finales obtenidas por los egresados del programa de E.E.A. de la Fundación Universitaria Los Libertadores será utilizada para construir el indicador de desempeño académico.

#### 4.9. Consideraciones éticas

La presente investigación acogió las consideraciones éticas expuestas en la Resolución 8430 de Octubre 4 de 1993 por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en seres humanos. Por lo tanto, al tratarse de una investigación sin riesgo (estipulado en el Artículo 11) (Ministerio de Salud, 1993) y dando cumplimiento con los aspectos mencionados en el Artículo 6, para el desarrollo de la presente investigación se tuvieron en cuenta los siguientes criterios: autorización de los representantes de la institución investigadora y obtención de la información base de análisis sin ningún dato personal manteniendo la absoluta confidencialidad de los egresados del programa de Estadística Aplicada de la Fundación Universitaria Los Libertadores.

### Capítulo 5. Resultados

#### 5.1 Cálculo del Tamaño de Muestra

Para calcular el tamaño de la muestra se aplicó la ecuación 8, utilizando un margen de error del 0,1 para una población de 465 egresados, específicamente para el Muestreo Aleatorio Simple, determinándose el siguiente n:

$$n = \frac{N^2 S_{yU}^2}{\frac{V_o}{\overline{def}} + N S_{yU}^2} = \frac{465^2 0,0429}{\frac{2}{0,1} + 465 0,0429} = 232$$

**Ecuación 15.** *Calculo del tamaño de Muestra para el Muestreo Aleatorio Simple.*

Por lo anterior, el tamaño de muestra obtenido y que se tendrá en consideración para el Muestreo M.A.S. es de 232 egresados del programa de E.E.A. de la Fundación Universitaria Los Libertadores. El anexo 1 presenta la muestra seleccionada para el M.A.S. mediante el algoritmo de selección Fan-Muller, las principales características de dicha muestra se exponen en la tabla 2, en la que se evidencia que 130 de los 232 egresados seleccionados en la muestra, hacen parte del periodo académico 1, adicionalmente se

evidencia que hay presencia de al menos un elemento por cada año considerado en la investigación, a excepción del año 2006, que poblacionalmente contaba con un total de 3 egresados.

**Tabla 2**  
*Muestra seleccionada mediante el Muestreo Aleatorio Simple.*

Año	Periodo Académico 1	Periodo Académico 2	Total general
2002	16	7	23
2003	4	4	8
2004	2	0	2
2005	0	1	1
2007	1	5	6
2008	8	8	16
2009	13	15	28
2010	11	8	19
2011	19	7	26
2012	14	13	27
2013	20	13	33
2014	13	11	24
2015	9	10	19
<b>Total general</b>	130	102	232

Se presenta la distribución de la muestra de egresados del programa de Estadística Aplicada de la Fundación Universitaria Los Libertadores del periodo académico 2002-1 hasta el 2015-2 y el tamaño de muestra obtenido para el M.A.S.

Adicionalmente, para determinar el tamaño de muestra en el Muestreo de Conglomerados se utilizó la formula expresada en la ecuación 8, utilizando un margen de error del 0,1 para un total de 27 conglomerados, así:

$$n = \frac{N^2 S_{yU}^2}{\frac{V_o}{Def} + N S_{yU}^2} = \frac{27^2 0,0166}{\frac{2}{0,1} + 27 0,0166} = 0,5916$$

**Ecuación 16.** *Calculo del tamaño de Muestra para el Muestreo de Conglomerados.*

En este sentido, el tamaño de muestra obtenido para el Muestreo de Conglomerados, está compuesto por 1 (un) periodo académico (Conglomerado) que será seleccionado entre los periodos desde el 2002-1 hasta el 2015-2. La razón de seleccionar un conglomerado de 27



en total es que la población se considera homogénea y el conglomerado seleccionado es el que representará a la población. El anexo 2 presenta el proceso de selección realizado para escoger el elemento muestral, mientras que la tabla 3 presenta el conglomerado que fue elegido mediante el algoritmo de selección Bernoulli.

**Tabla 3.**  
*Muestra seleccionada mediante el Muestreo de Conglomerados.*

<b>Conglomerado - Periodo Académico</b>	<b>Aleatorio</b>	<b>Ck (Criterio de Decisión)</b>	<b>Pertenencia</b>
2011-1	0,014094187	0,25	1

Se presenta el conglomerado seleccionado que representa el periodo académico de análisis de los egresados del programa de Estadística Aplicada de la Fundación Universitaria Los Libertadores.

El conglomerado elegido que representa el periodo académico cursado por los egresados comprende el año 2011, periodo 1, cuya principal característica es contar con un N de 40 egresados.

## 5.2 Estimación del desempeño académico promedio

En relación a lo anterior y siendo uno de los objetivos específicos planteados por los autores: el estimar el desempeño académico promedio de los egresados del programa para cada uno de los planes de muestreo aplicados, junto con sus correspondientes intervalos de confianza e indicadores de incertidumbre sobre la muestra seleccionada, se exponen a continuación los resultados obtenidos en cada uno de los muestreos aplicados.

Inicialmente, se presentan los estimadores obtenidos para el Muestreo Aleatorio Simple, expuestos en la tabla 4 que brinda información sobre el tamaño de la población inicial (N), el tamaño de muestra calculado (n), el factor de expansión (F), criterio de inclusión (ck), estimador del promedio ( $\tilde{y}_s$  estimada), varianza estimada del estimador de promedio, la desviación estándar del estimador, el margen de error, el intervalo de confianza y el coeficiente de variación de la muestra.

**Tabla 4.**  
*Estimaciones mediante el Muestreo Aleatorio Simple.*

<b>Estimador – Criterio</b>	<b>Valor</b>
<b>N</b>	465
<b><i>n</i></b>	232
<b>F</b>	2,004
<b><i>Ck</i></b>	0,499
<b>Estimador del Promedio</b>	4,229
<b>Varianza estimada del estimador</b>	0,00008892
<b>Desviación Estándar</b>	0,009
<b>Margen de Error</b>	0,018
<b>Intervalo de Confianza</b>	
<b><i>Límite Inferior</i></b>	4,210
<b><i>Límite Superior</i></b>	4,247
<b>Coeficiente de Variación</b>	0,002

Se presentan las estimaciones realizadas a la muestra de egresados del programa de Estadística Aplicada de la Fundación Universitaria Los Libertadores del periodo académico 2002-1 hasta el 2015-2 mediante el M.A.S.

Los resultados obtenidos mediante la aplicación del Muestreo Aleatorio Simple a la muestra seleccionada de 232 egresados, permiten identificar en primera instancia que el estimador del desempeño académico promedio de los egresados del programa de Estadística Aplicada de la Fundación Universitaria Los Libertadores, corresponde a una calificación final de  $\hat{y}_s = 4,229$ ,  $(\widehat{VAR}(\hat{y}_s) = 8,8915E - 05)$ . La desviación indica que el desempeño académico promedio puede variar entre 4,219 y 4,238. Se evidencia además con un margen de error del estimador muy pequeño (0,018) indicando que las estimaciones tienen a ser altamente confiables. Respecto al coeficiente de variación de la muestra, es posible identificar que ésta no varía mucho respecto a las calificaciones promedio, al obtenerse un CV de 0,002, en otras palabras la calidad de la precisión de la estrategia de M.A.S. se considera excelente al corresponder a un 0,2% (Bautista, 2005). Finalmente, es posible afirmar que el valor estimado del desempeño académico promedio de los egresados del programa se encuentra en un intervalo de confianza entre  $4,210 < \hat{y}_s < 4,247$ .

Por su parte, la tabla 5 evidencia los estimadores obtenidos para el Muestreo de Conglomerados, específicamente se brinda información sobre el total de conglomerados (N), el tamaño de muestra calculado (n), criterio de inclusión ( $ck$ ), estimador del promedio ( $\tilde{y}_s$  estimada), varianza estimada del estimador de promedio, la desviación estándar del estimador, el margen de error, el intervalo de confianza y el coeficiente de variación de la muestra.

**Tabla 5.**

*Estimaciones mediante el Muestreo de Conglomerados.*

<b>Estimador – Criterio</b>	<b>Valor</b>
<b>N</b>	27
<b>n</b>	1
<b>Ck</b>	0,250
<b>Estimador del Promedio</b>	4,331
<b>Varianza estimada del estimador</b>	0,005512
<b>Desviación Estándar</b>	0,023
<b>Margen de Error</b>	0,046
<b>Intervalo de Confianza</b>	
<i>Límite Inferior</i>	4,285
<i>Límite Superior</i>	4,377
<b>Coeficiente de Variación</b>	0,005

Se presentan las estimaciones realizadas a la muestra de egresados del programa de Estadística Aplicada de la Fundación Universitaria Los Libertadores del periodo académico 2002-1 hasta el 2015-2 mediante el Muestreo de Conglomerados.

En contraste, los resultados obtenidos mediante el muestreo de Conglomerados, siendo la población los 27 periodos académicos tenidos en consideración, es posible determinar que el estimador del desempeño académico promedio de los egresados del programa de Estadística Aplicada corresponde a una calificación final de  $\tilde{y}_s = 4,331$ ; ( $\widehat{VAR}(\tilde{y}_s) = 0,0005$ ); mientras que su desviación estándar indica que el desempeño académico promedio puede variar entre 4,307 y 4,354. Respecto al margen de error del estimador obtenido (0,046), se evidencia un valor pequeño siendo indicador de que las estimaciones tienen a ser altamente confiables. En relación al coeficiente de variación de la muestra, es posible identificar, como en el M.A.S que ésta no varía significativamente

respecto a las calificaciones promedio obtenidas al final del posgrado ( $CV= 0,005$ ), específicamente la calidad de la precisión de la estrategia de muestreo de conglomerados se considera excelente al corresponder a un 0,5% (Bautista, 2005). Por último, el intervalo de confianza para este estimador indica que el desempeño académico promedio de los egresados del programa se encuentra en un entre  $4,285 < \tilde{y}_s < 4,377$ .

A partir de lo anteriormente expuesto, es posible referir inicialmente que las estimaciones realizadas en cada uno de los diseños muestrales no evidencian mayores diferencias, y se podría afirmar que el desempeño académico estimado de los egresados del programa de interés se encuentra entre 4,21 y 4,37.

Sin embargo, dando respuesta a otro de los objetivos específicos planteados, corresponde determinar cuál de los dos diseños muestrales aplicados entre el Aleatorio Simple (M.A.S.) y el de Conglomerados, es más eficiente en la estimación del desempeño académico promedio de los egresados, mediante el cálculo del efecto del diseño de muestreo *deff*. Para esto la ecuación 17 permite identificar que el diseño de Muestreo más eficiente es el Muestreo Aleatorio Simple:

$$deff = \frac{Var_{CBER}(\hat{t}_{y,\pi})}{Var_{MAS}(\hat{t}_{y,\pi})} = \frac{5,512E - 03}{8,892E - 05} = 6,1989$$

**Ecuación 17.** *Cálculo del efecto del diseño para los diseños muestrales aplicados.*

En este sentido, al obtenerse un valor mayor que 1 es posible inferir que la varianza del  $\pi$  estimador  $\widehat{VAR}(\tilde{y}_s)$  bajo del diseño de muestreo de Conglomerados con selección Bernoulli es 6,19 veces la varianza del  $\pi$  estimador  $\widehat{VAR}(\tilde{y}_s)$  bajo el diseño M.A.S. Así pues el diseño M.A.S posee menor varianza que el diseño de conglomerados.

En relación con lo anterior, referido al desempeño académico de todos los egresados del programa de Especialización en Estadística Aplicada, se identificó que el valor promedio poblacional es de 4,233 y de acuerdo con el promedios estimados en el diseño M.A.S equivalente a 4,229 y en diseño de Muestreo de Conglomerados de 4,331, se determina

entonces que la estrategia de muestro M.A.S representa con mayor precisión al valor promedio del desempeño académico poblacional de los egresados de la E.E.A.

### 5.3 Análisis descriptivo de las Muestras

Con el fin de conocer a profundidad las características disponibles de la muestra incluidas en la investigación, a continuación se refieren aspectos concretos de la variable de interés para cada uno de los diseños muestrales aplicados.

Inicialmente, se considera la muestra seleccionada en el Muestreo Aleatorio Simple (M.A.S.), que como se especificó anteriormente estuvo conformada por 232 egresados del programa de Estadística Aplicada. Respecto a los periodos académicos seleccionados, la tabla 6 expone la frecuencia con la que fueron incluidos en la muestra, es posible identificar que el periodo que mayor número de egresados posee es el 2013-1 seguido por el 2011-1.

**Tabla 6.**

*Arreglo de frecuencias para los periodos académicos seleccionados en el Diseño M.A.S.*

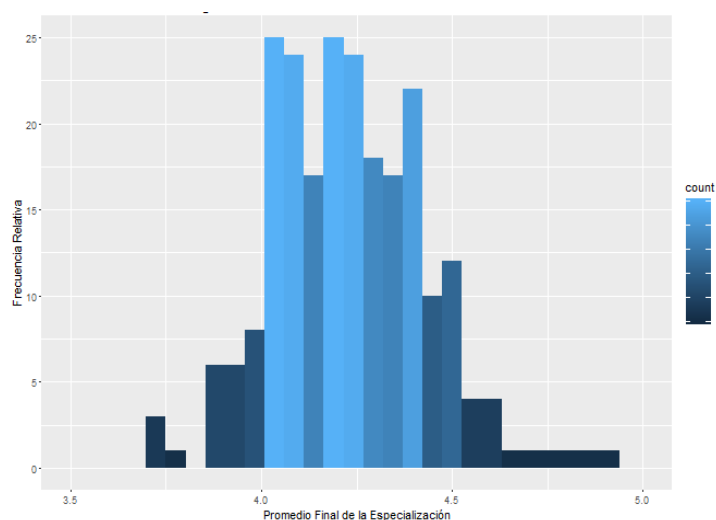
<b>Periodo</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
2002-1	16	6,9	6,9
2002-2	7	3,0	9,9
2003-1	4	1,7	11,6
2003-2	4	1,7	13,4
2004-1	2	,9	14,2
2005-2	1	,4	14,7
2007-1	1	,4	15,1
2007-2	5	2,2	17,2
2008-1	8	3,4	20,7
2008-2	8	3,4	24,1
2009-1	13	5,6	29,7
2009-2	15	6,5	36,2
2010-1	11	4,7	40,9
2010-2	8	3,4	44,4
2011-1	19	8,2	52,6
2011-2	7	3,0	55,6
2012-1	14	6,0	61,6
2012-2	13	5,6	67,2

2013-1	20	8,6	75,9
2013-2	13	5,6	81,5
2014-1	13	5,6	87,1
2014-2	11	4,7	91,8
2015-1	9	3,9	95,7
2015-2	10	4,3	100,0
Total	232	100,0	

Se presentan los periodos académicos seleccionados en el Diseño Muestral M.A.S. de los egresados del programa de Estadística Aplicada de la Fundación Universitaria Los Libertadores, para cada uno de ellos, se indica su frecuencia y porcentaje dentro de la muestra.

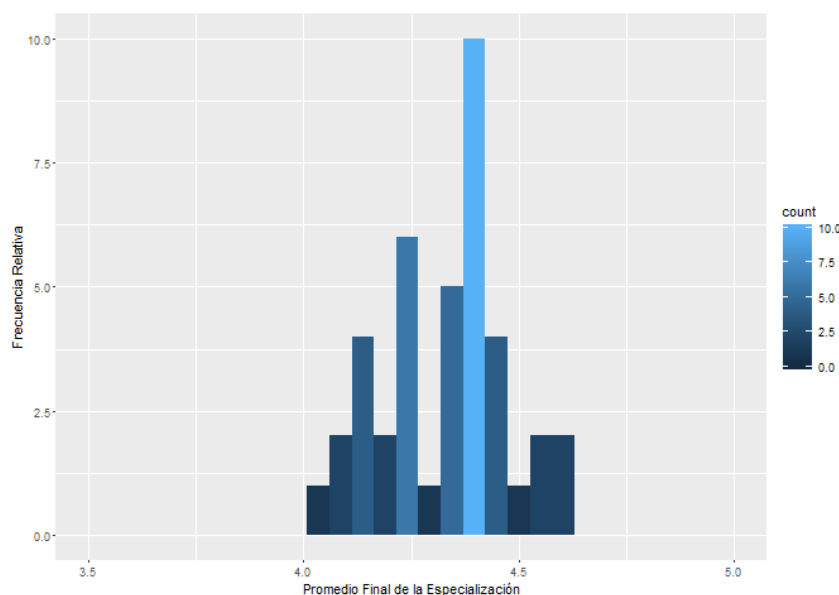
La figura 1 expone el histograma de las 232 calificaciones obtenidas por los egresados del programa de Estadística Aplicada, cuyos valores oscilan entre 3,71 y 4,89. En general la variable de calificación final para el M.A.S. permite identificar que el 25% cuenta con calificaciones inferiores a 4,080, mientras que el 75% de los egresados cuentan con calificaciones iguales o menores a 4,377. Respeto a los estadísticos de posición es posible indicar que el desempeño académico en la muestra del M.A.S. es una variable de tipo Asimétrica Positiva (Asimetría 0,290) y Leptocurtica (Curtosis 0,408).

En este sentido, el desempeño académico de los egresados presentes en la muestra del M.A.S. tiende a reunir más calificaciones en la parte izquierda que en la derecha de la media y adicionalmente, evidencia un elevado grado de concentración de datos alrededor de los valores centrales.



**Figura 1.** *Histograma de Calificaciones finales de los egresados de la especialización – M.A.S.*

Por otra parte, se considera la muestra seleccionada en el Muestreo de Conglomerados, que como se refirió anteriormente se conformó por el periodo académico 2011-1 que cuenta con un total de 40 egresados del programa de E.A.A. La figura 2 expone el histograma de las 40 calificaciones obtenidas por los egresados del programa de Estadística Aplicada para el conglomerado correspondiente al periodo académico 2011-1.

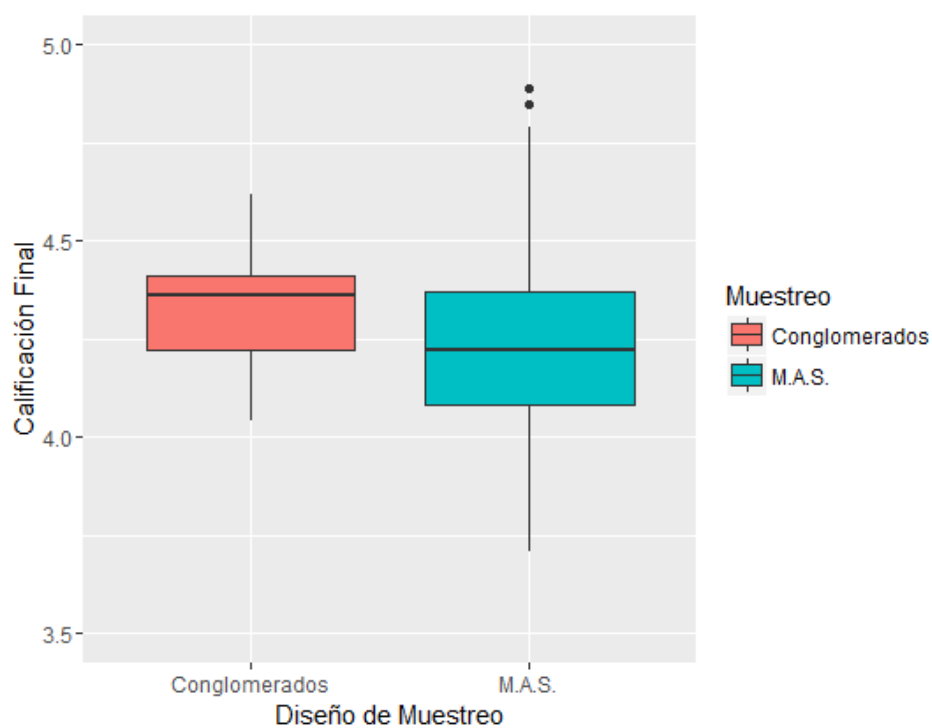


**Figura 2.** *Promedio por áreas profesionales de los egresados de la especialización – Muestreo de Conglomerados.*

En general la variable de calificación final para el diseño muestral de conglomerados permite identificar que el 25% de egresados obtuvo calificaciones inferiores a 4,220, mientras que el 75% de los egresados cuentan con calificaciones iguales o menores a 4,417. Respeto a los estadísticos de posición y bajo el Muestreo de Conglomerados, es posible indicar en este caso, que el desempeño académico es una variable de tipo Asimétrica Negativa (Asimetría - 0,045) y Platicúrtica (Curtosis -0,609).

En otras palabras, el desempeño académico de los egresados seleccionados en el Muestreo de Conglomerados, tiende a reunir más calificaciones en la parte derecha que en la izquierda de la media y adicionalmente, evidencia un elevado grado de concentración de datos alrededor de las colas de la distribución. Finalmente, la comparación gráfica de las

calificaciones promedio obtenidas por los egresados según el plan de muestreo aplicado se expone en la figura 3.



**Figura 3.** *Boxplot comparativo del promedio final de los egresados de la especialización según tipo de muestreo.*

## Capítulo 6. Conclusiones y Recomendaciones

El presente estudio tuvo como principal objetivo la comparación de dos diseños de muestreo aplicados para la estimación del parámetro promedio del desempeño académico de los estudiantes del programa de Especialización en Estadística Aplicada de la Fundación Universitaria Los Libertadores. Lo anterior con el propósito de aplicar los conocimientos adquiridos en los cursos de profundización del programa de posgrado referido, y mostrar la relevancia que tiene la aplicación de técnicas de muestreo en todo tipo de investigación en los que se desee obtener información sobre una variable de interés.

Los principales hallazgos permiten afirmar que dentro del programa de Especialización en Estadística Aplicada de la Fundación Universitaria Los Libertadores desde el periodo académico 2002-1 hasta 2015-2, se han graduado un total de 465 profesionales.



Respecto al parámetro de interés en función de los egresados del programa, se concluyó que bajo el Muestreo Aleatorio Simple la estimación del desempeño académico promedio corresponde a una calificación de 4,229 ( $\tilde{y}_s = 4,229$ ) y su intervalo de confianza corresponde a  $4,210 < \tilde{y}_s < 4,247$ , mientras que en el Muestreo de Conglomerados, dicha estimación corresponde a 4,331 ( $\tilde{y}_s = 4,331$ ) y su intervalo de confianza corresponde a  $4,285 < \tilde{y}_s < 4,377$ , sobrepasando la medida establecida para aprobación del programa de 3,5. Se considera además la tendencia a obtener calificaciones altas, siendo posible ratificar el comportamiento deseado en éste programa de educación superior a nivel de especialización, en los que se espera un desempeño académico elevado. Se tiene entonces que el desempeño académico estimado es un indicador del cumplimiento de objetivos educativos encaminados hacia la obtención de acreditaciones de alta calidad del programa de Especialización en Estadística Aplicada de la Fundación universitaria en mención y en este sentido.

Se logró determinar que el muestreo más eficiente, demostrado mediante la medida de efecto del diseño  $deff$ , es el diseño de Muestreo Aleatorio Simple M.A.S con respecto al diseño de conglomerados, cuestión que no resulta imprevista, al considerar la naturaleza de la variable de análisis sobre la muestra seleccionada, que como se identificó mediante de la determinación del coeficiente de variación poblacional correspondiente al 4,9%, se trata de una variable homogénea. Se afirma entonces, que al utilizar una estrategia de muestreo más compleja que Muestreo Aleatorio Simple, en este caso el Muestreo de Conglomerados se pierde precisión y eficiencia en la estimación. Adicionalmente, se comprueba la precisión de la estrategia de Muestreo Aleatorio Simple M.A.S. al compararse con el desempeño académico poblacional, cuya diferencia respecto al estimador del promedio es exactamente de 0.004.

A partir de lo anterior, se puede concluir que el desempeño académico de los egresados del programa de Especialización en Estadística Aplicada de la Fundación Universitaria Los Libertadores, no se ve influenciado por aspectos como el periodo académico, descartando así para posteriores estudios, la aplicación de diseños muestrales más complejos, cuyos resultados muy posiblemente incurrirían en una pérdida de precisión en las estimaciones que se deseen realizar. A menos claro, que el objetivo sea realizar estudios cuyas variables requieran la aplicación de un diseño por estratos, regiones o grupos claramente definidos con anterioridad y relacionados en los marcos muestrales existentes, aunque debe considerarse la naturaleza homogénea de ésta variable para el universo poblacional.

Se ratifica entonces, la precisión al aplicar técnicas de muestreo estadístico a las investigaciones contemporáneas, que brinden información de los parámetros de interés sobre la población y que a partir de la estimación puntual de éstos se puedan determinar medidas de incertidumbre y construir intervalos de confianza para el mismo, logrando inferencias de una muestra a la población, con menor margen de error.

Por otra parte, la presente investigación brinda información estadística que da cuenta del desempeño académico del programa de Especialización en Estadística Aplicada de la Fundación Universitaria Los Libertadores y dado el caso si se deseara contar con soportes investigativos que respalden el desempeño académico de los egresados, las directivas del programa podrían contar con la presente investigación como evidencia del proceso de aprendizaje y adquisición del conocimiento de sus estudiantes, siendo considerada posiblemente como una herramienta de utilidad para acreditaciones de calidad educativa en el futuro o reconocimiento ante otras instituciones.

Como recomendaciones para próximos estudios se considera de vital importancia aplicar una encuesta o prueba estandarizada que permita dar cuenta de los factores que se

encuentran relacionados con el desempeño académico y que no fueron tenidos en consideración por los autores en la definición de la variable de interés, dada la naturaleza del marco muestral, y aplicar análisis de tipo multivariado para evidenciar relaciones existentes entre diferentes variables con el desempeño académico.

Finalmente se recomienda explorar diferentes definiciones de fórmulas matemáticas para el cálculo del tamaño de la muestra para el muestreo por conglomerados y diferentes tipos de algoritmos de selección.

## **Capítulo 7. Referencias**

- Bautista, L. (1998). Diseños de Muestreo Estadístico. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Bautista, L. (2005). Estrategia de muestreo para la estimación de la tasa de favoritismo en la elección presidencial. *Revista Colombiana de Estadística*, 28 (1), pp. 39 - 62.
- Campo, M., Botero, J., Ruiz, N., Hernández, A., Campo, B., y Marín, O. (2012). Boletín de Educación Superior N° 19. Disponible en:  
[http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-92779\\_archivo\\_pdf\\_Boletin19.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-92779_archivo_pdf_Boletin19.pdf)
- Carmona, C., Sánchez, P., y Bakieva, M. (2011). Actividades Extraescolares y Rendimiento Académico: Diferencias en Autoconcepto y Género. *Revista de Investigación Educativa*, 29 (2), pp. 447-465. Disponible en:  
<http://revistas.um.es/rie/article/viewFile/111341/135361.pdf>
- CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. (1994). Ley 115 de Febrero 8 de 1994 por la cual se expide la ley general de educación. Bogotá.
- Cruz, F., y Quinones, A. (2012). Autoestima y rendimiento académico en estudiantes de enfermería de Poza Rica, Veracruz, México. *Uni-pluri/versidad*, 12 (1), pp. 25–35.  
 Disponible en:

<https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/unip/article/viewFile/13275/118>

94

De Miguel, M. (2002). Evaluación del Rendimiento en la Enseñanza Superior. Resultados entre alumnos procedentes de la LOGSE y del COU. Oviedo. Revista de Investigación Educativa, 20 (2), pp. 357-383. Disponible en:

<http://revistas.um.es/rie/article/view/98971/94561>

Erazo, O. (2012). El rendimiento académico, un fenómeno de múltiples relaciones y complejidades. Revista Vanguardia Psicológica, 2 (2), pp. 144-173. Disponible en:

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4815141.pdf>

Garbanzo, G. (2007). Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios, una reflexión desde la calidad de la educación superior pública. Revista Educación 31(1), pp. 43-63.

Gómez, D., Oviedo, R., y Martínez, E. (2001). Factores que influyen en el rendimiento académico del estudiante universitario. Educación y Humanidades, 2, pp. 90–77.

Disponible en:

[http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v5n2/data/Factores\\_que\\_influyen\\_en\\_el\\_rendimiento\\_academico\\_del\\_estudiante\\_universitario.pdf](http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v5n2/data/Factores_que_influyen_en_el_rendimiento_academico_del_estudiante_universitario.pdf)

Gutiérrez, A. (2015). Estrategias de Muestreo Diseño de Encuestas y Estimación de Parámetros. Bogotá, CO.

Martínez, C. (2012). Estadística y muestreo. Ecoe Ediciones. Bogotá D.C.

Ministerio de Educación Nacional, (2002). Guía Metodológica: Evaluación Anual del desempeño Laboral. Guía Número 31. Disponible en:

[http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-169241\\_archivo\\_pdf.pdf](http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-169241_archivo_pdf.pdf)

Ministerio de Educación Nacional. (2006). Decreto No. 1001 3 de abril de 2006 Por el cual se organiza la oferta de programas de posgrado y se dictan otras disposiciones. Bogotá.

- Ministerio de Salud. (1993). Resolución No. 8430 de 1993 por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. Bogotá.
- Muller, F., y Rechuza, I. (1962). Development of sampling plans by using sequential (item by item) selection techniques and digital computer. *Journal of the American Statistical Association*, 57, pp. 387 – 402. Disponible en: <http://doi.org/10.2307/2281647>
- Niebla, J., y Guzmán, L. (2007). Variables que inciden en el rendimiento académico de adolescentes mexicanos. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 39,(3) pp., 487-501. Disponible en: <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/rlp/v39n3/v39n3a04.pdf>
- Rodríguez, S., Fita, S., Torrado, M. (2004). El rendimiento académico en la transición secundaria-universidad. *Revista de Educación*. 334, pp. 391-414.
- Tellez, C., Lemus, D., y Guerrero, S. (2014). *Estadística Inferencial con aplicaciones en R*. Institución Universitaria Los Libertadores. Bogotá D.C.

## Capítulo 8. Ficha Técnica

# FICHA TÉCNICA



**LOS LIBERTADORES**  
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

### COMPARACIÓN DE DOS DISEÑOS MUESTRALES PARA LA ESTIMACIÓN DEL DESEMPEÑO ACADÉMICO PROMEDIO DE LOS EGRESADOS DEL PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN ESTADÍSTICA APLICADA DE LA FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES.

Autores:	Beltrán Pulido Anderson Fabián Caviedes Gómez Karen Lorena
Universo:	Egresados del programa de Estadística Aplicada de la Fundación Universitaria Los Libertadores durante el periodo académico 2002-1 hasta 2015-2.
Marco Muestral:	Egresados del programa de Estadística Aplicada de la Fundación Universitaria Los Libertadores durante el periodo académico 2002-1 hasta 2015-2.
Tamaño de la Muestra:	Para el Muestreo M.A.S. el tamaño de muestra es de 232 egresados del programa de Estadística Aplicada de la Fundación Universitaria Los Libertadores, mientras que para el Muestreo por Conglomerados la muestra se comprende por 1 periodo académico (Conglomerado) entre el 2002-1 y el 2015-2.
Plan de Muestreo:	1. Aplicación del Diseño de Muestreo Aleatorio Simple con Algoritmo de Selección Fan Muller. 2. Aplicación del Diseño de Muestreo de Conglomerados con Algoritmo de Selección Bernoulli.
Margen de Error para el cálculo del tamaño de muestra:	0,1
Recolección de Datos:	Petición escrita dirigida el 19 Octubre de 2016 a la Fundación Universitaria Los Libertadores para acceder a la base de datos de egresados del programa de Especialización en Estadística Aplicada del periodo académico 2002-1 hasta el 2015-2. Variable específica, calificación final promedio del programa.
Tema:	Estimación del desempeño académico promedio de los egresados del programa de Estadística Aplicada de la Fundación Universitaria Los Libertadores del periodo académico 2002-1 hasta el 2015-2, mediante la aplicación y comparación de dos diseños de muestreo probabilístico.
Asesor Estadístico:	Martha Tatiana Pamela Jiménez Valderrama. Estadística, PhD. (C) Agrociencias

## Capítulo 9. Anexos

### Anexo 1

#### Anexo 1

*Sección de la aplicación del Algoritmo de Selección Fan-Muller para el Muestreo Aleatorio Simple. Muestra Seleccionada.*

Id	Aleatorio	nk	Numerador	Denominador	Ck (Criterio de Decisión)	Pertenencia
200211002441	0,056436074	0	232	464	0,500948232	1
200211003441	0,449019963	1	231	463	0,499870366	1
200211005441	0,335222314	2	230	462	0,498787834	1
200211006441	0,214882658	3	229	461	0,497700606	1
200211008441	0,19741723	4	228	459	0,497690587	1
200211009441	0,161550225	5	227	458	0,496593842	1
200211014441	0,432249527	6	226	453	0,499867504	1
200211019441	0,155878689	7	225	449	0,502093496	1
200211021441	0,026605899	8	224	447	0,502102862	1
200211022441	0,203305893	9	223	446	0,500986501	1
200211023441	0,278160179	10	222	445	0,499865122	1
200211024441	0,258863312	11	221	444	0,498738693	1
200211025441	0,451532947	12	220	443	0,497607177	1
200211028441	0,179148313	13	219	441	0,497596325	1
200211044441	0,478325575	14	218	437	0,499862653	1
200211046441	0,266099933	15	217	436	0,498715549	1
200221003441	0,302104496	16	216	435	0,497563171	1
200221009441	0,058388857	17	215	430	0,501023208	1
200221011441	0,413490244	18	214	428	0,50102799	1
200221014441	0,177519361	19	213	426	0,501032816	1
200221016441	0,051669213	20	212	424	0,501037688	1
200221019441	0,059081797	21	211	422	0,501042605	1
200221022441	0,116693486	22	210	420	0,50104757	1
200311005441	0,412315701	23	209	418	0,501052583	1
200311011441	0,166820306	24	208	415	0,502265011	1
200311015441	0,256613769	25	207	412	0,503495096	1
200311016441	0,464964655	26	206	411	0,502287055	1
200321003441	0,401108868	27	205	407	0,504766534	1
200321004441	0,255269781	28	204	406	0,503546748	1
200321017441	0,145916321	29	203	403	0,504813845	1
200321020441	0,275841499	30	202	401	0,504837854	1
200411004441	0,306250682	31	201	396	0,508686817	1
200411007441	0,404305448	32	200	394	0,508730912	1
200521013441	0,448614221	33	199	388	0,514020566	1
200711002441	0,315966155	34	198	384	0,51677078	1
200721001441	0,456543309	35	197	383	0,515509085	1
200721003441	0,210903539	36	196	381	0,515590497	1
200721009441	0,316863338	37	195	378	0,517036983	1
200721010441	0,261343577	38	194	377	0,515755914	1
200721011441	0,075153224	39	193	376	0,514468031	1
200810003441	0,014106651	40	192	375	0,513173279	1
200810007441	0,160565075	41	191	374	0,511871603	1
200810013441	0,267735514	42	190	370	0,514702647	1
200810014441	0,022674195	43	189	369	0,513387478	1

200811049441	0,37616122	44	188	368	0,512065162	1
200811050441	0,22443516	45	187	367	0,510735639	1
200811051441	0,228512537	46	186	366	0,509398851	1
200811052441	0,139352937	47	185	365	0,508054738	1
200822001441	0,161612555	48	184	363	0,508099117	1
200822003441	0,178398369	49	183	361	0,508143988	1
200822004441	0,325152953	50	182	360	0,506777721	1
200822006441	0,490067546	51	181	358	0,506815585	1
200822007441	0,249659953	52	180	357	0,505434116	1
200822011441	0,429460582	53	179	356	0,504044886	1
200822012441	0,13011673	54	178	355	0,50264783	1
200822014441	0,151210446	55	177	354	0,50124288	1
200912003441	0,084010317	56	176	349	0,505558681	1
200912008441	0,087336935	57	175	346	0,507051964	1
200912010441	0,199375041	58	174	345	0,505623129	1
200912011441	0,097712699	59	173	344	0,504185987	1
200912013441	0,3644437	60	172	342	0,504210466	1
200912022441	0,231195966	61	171	338	0,507218874	1
200912023441	0,21416105	62	170	337	0,505756616	1
200912025441	0,276286956	63	169	336	0,504285653	1
200912026441	0,066048549	64	168	335	0,502805909	1
200912029441	0,205207831	65	167	334	0,501317304	1
200912032441	0,01452493	66	166	332	0,501325239	1
200912035441	0,136014331	67	165	330	0,501333271	1
200916301441	0,150190386	68	164	328	0,501341401	1
200921502441	0,333037595	69	163	324	0,504444381	1
200921503441	0,033948699	70	162	323	0,502910153	1
200921505441	0,294306802	71	161	321	0,502928285	1
200921507441	0,072901111	72	160	320	0,501374936	1
200921509441	0,120915881	73	159	318	0,501383583	1
200921511441	0,404314265	74	158	316	0,50139234	1
200921513441	0,448004578	75	157	314	0,501401209	1
200921515441	0,25320962	76	156	312	0,501410191	1
200921518441	0,180065911	77	155	310	0,501419289	1
200921522441	0,107411721	78	154	308	0,501428505	1
200921526441	0,443767353	79	153	306	0,501437842	1
200922901441	0,087180694	80	152	303	0,503102243	1
200924902441	0,435476724	81	151	301	0,503122856	1
200924903441	0,272994185	82	150	300	0,501466598	1
200924904441	0,28836794	83	149	299	0,499799263	1
201010001441	0,345552405	84	148	298	0,498120737	1
201010011441	0,21632488	85	147	294	0,501496529	1
201010014441	0,235498921	86	146	291	0,50323017	1
201010015441	0,028363989	87	145	290	0,501517171	1
201010018441	0,219486094	88	144	288	0,501527707	1
201010026441	0,369463861	89	143	283	0,506855051	1
201010027441	0,208752854	90	142	282	0,50510631	1
201010029441	0,231446219	91	141	281	0,503345123	1
201010036441	0,414199474	92	140	278	0,505179782	1
201011502441	0,266733945	93	139	277	0,503393428	1
201011503441	0,091986871	94	138	276	0,501594129	1
201020005441	0,221258193	95	137	274	0,501605765	1
201020006441	0,489834017	96	136	273	0,499780145	1
201020007441	0,132796004	97	135	272	0,497941101	1



201020008441	0,176678026	98	134	271	0,496088485	1
201020011441	0,058124457	99	133	269	0,496059403	1
201020012441	0,263612317	100	132	268	0,494179028	1
201020017441	0,081403137	101	131	263	0,499771785	1
201020019441	0,363135876	102	130	262	0,497862517	1
201110005441	0,006167905	103	129	260	0,497846075	1
201110011441	0,320111708	104	128	256	0,50171867	1
201110015441	0,505391504	105	127	252	0,505714204	1
201110018441	0,017688932	106	126	249	0,507791082	1
201110023441	0,347372289	107	125	246	0,509918616	1
201110024441	0,359926631	108	124	245	0,507918284	1
201110028441	0,416522466	109	123	241	0,512199085	1
201110029441	0,295071199	110	122	240	0,510166581	1
201110030441	0,130944018	111	121	239	0,508117069	1
201110032441	0,041959371	112	120	237	0,508185568	1
201110033441	0,102063965	113	119	236	0,506101608	1
201110035441	0,083387045	114	118	235	0,503999913	1
201110041441	0,051276601	115	117	230	0,510608607	1
201110044441	0,39945836	116	116	228	0,510701665	1
201110045441	0,40673029	117	115	227	0,508546165	1
201110046441	0,325454883	118	114	226	0,506371591	1
201110047441	0,198056406	119	113	225	0,504177687	1
201111602441	0,173233243	120	112	223	0,504215155	1
201111603441	0,116916752	121	111	222	0,50198189	1
201120008441	0,33952681	122	110	216	0,511296201	1
201120011441	0,479543449	123	109	213	0,513802721	1
201120013441	0,377027128	124	108	212	0,511509337	1
201120015441	0,361588986	125	107	211	0,509194216	1
201120016441	0,113133643	126	106	210	0,506857045	1
201121501441	0,158010438	127	105	205	0,514341363	1
201122502441	0,09605352	128	104	202	0,517029602	1
201210001441	0,508200513	129	103	200	0,517199898	1
201210003441	0,363742355	130	102	198	0,517373634	1
201210006441	0,072578606	131	101	195	0,520205023	1
201210009441	0,520845306	132	100	192	0,523124893	1
201210011441	0,329178265	133	99	190	0,523368313	1
201210013441	0,032227427	134	98	189	0,520846452	1
201210014441	0,120775933	135	97	188	0,518297763	1
201210020441	0,133607328	136	96	183	0,526994424	1
201210021441	0,443265007	137	95	182	0,524395492	1
201210024441	0,093279765	138	94	181	0,521767843	1
201212810441	0,131881721	139	93	178	0,524943705	1
201212811441	0,083830658	140	92	177	0,522259771	1
201212812441	0,365176815	141	91	176	0,519545338	1
201212815441	0,298367933	142	90	174	0,519769997	1
201220001441	0,150999889	143	89	173	0,516994101	1
201220004441	0,044273273	144	88	171	0,517192863	1
201220005441	0,103162511	145	87	170	0,514352821	1
201220006441	0,492305718	146	86	169	0,511479169	1
201220007441	0,267627449	147	85	168	0,508571307	1
201220009441	0,166638964	148	84	166	0,508674575	1
201220015441	0,000701727	149	83	161	0,518260742	1
201220017441	0,460328522	150	82	160	0,515249872	1
201220018441	0,450222671	151	81	159	0,512201129	1

201220019441	0,341405587	152	80	158	0,509113794	1
201220021441	0,390889046	153	79	157	0,505987131	1
201223001441	0,478411671	154	78	151	0,519470063	1
201223002441	0,012302527	155	77	150	0,51626653	1
201310003441	0,496790049	156	76	148	0,516486348	1
201310009441	0,436794356	157	75	146	0,516712188	1
201310013441	0,405725413	158	74	144	0,516944302	1
201310015441	0,392696914	159	73	143	0,51356629	1
201310017441	0,369937801	160	72	142	0,510140701	1
201310019441	0,288937051	161	71	140	0,510285568	1
201310023441	0,326743182	162	70	139	0,506762443	1
201310024441	0,179095091	163	69	138	0,503188257	1
201310025441	0,141061183	164	68	137	0,499561894	1
201310028441	0,116775129	165	67	135	0,499555404	1
201310029441	0,158131761	166	66	134	0,495820743	1
201310030441	0,137964697	167	65	133	0,492029921	1
201310033441	0,26435538	168	64	132	0,488181663	1
201310034441	0,176283491	169	63	131	0,484274653	1
201310035441	0,422076806	170	62	130	0,480307535	1
201310036441	0,333043498	171	61	129	0,476278911	1
201310037441	0,003627314	172	60	128	0,47218734	1
201310038441	0,164453816	173	59	127	0,468031335	1
201310040441	0,007331746	174	58	126	0,463809361	1
201310042441	0,16929785	175	57	124	0,463225641	1
201320001441	0,074826895	176	56	120	0,470333163	1
201320003441	0,084233949	177	55	119	0,465882181	1
201320005441	0,159233396	178	54	117	0,46529897	1
201320008441	0,187761974	179	53	115	0,464695474	1
201320012441	0,071788126	180	52	113	0,464070615	1
201320013441	0,091518957	181	51	112	0,459285531	1
201320016441	0,040414342	182	50	111	0,45441423	1
201320017441	0,286220354	183	49	110	0,449454359	1
201320024441	0,31726933	184	48	107	0,452710089	1
201320025441	0,014415389	185	47	106	0,447546977	1
201320027441	0,17994581	186	46	104	0,446538265	1
201320030441	0,335108902	187	45	103	0,44116485	1
201320034441	0,059666581	188	44	100	0,444399795	1
201410001441	0,002763287	189	43	97	0,44783484	1
201410009441	0,089617857	190	42	92	0,461304125	1
201410011441	0,387353196	191	41	91	0,45538439	1
201410016441	0,105448334	192	40	89	0,454381792	1
201410017441	0,104113592	193	39	88	0,448181585	1
201410022441	0,001486617	194	38	85	0,452235053	1
201410025441	0,020542897	195	37	84	0,445714042	1
201410026441	0,086872223	196	36	83	0,439035898	1
201410031441	0,296371354	197	35	80	0,442999744	1
201410033441	0,175596491	198	34	79	0,435949108	1
201410037441	0,292385798	199	33	78	0,428717686	1
201410038441	0,172623635	200	32	77	0,421298435	1
201410604441	0,368020795	201	31	74	0,424864588	1
201420002441	0,332108689	202	30	73	0,416986021	1
201420007441	0,039371436	203	29	71	0,414647599	1
201420013441	0,36536106	204	28	67	0,424477306	1
201420014441	0,188314024	205	27	66	0,415757265	1

201420019441	0,101957112	206	26	63	0,419682214	1
201420020441	0,227227699	207	25	62	0,41032225	1
201420022441	0,306098442	208	24	61	0,400655402	1
201420024441	0,222433666	209	23	60	0,390666325	1
201420025441	0,337519058	210	22	59	0,380338636	1
201420028441	0,018530811	211	21	56	0,382856777	1
201420032441	0,205677377	212	20	54	0,378518139	1
201510002441	0,211626078	213	19	44	0,441817716	1
201510008441	0,058524664	214	18	40	0,460999488	1
201510009441	0,304638816	215	17	39	0,447178962	1
201510016441	0,011711943	216	16	37	0,444323771	1
201510017441	0,320661233	217	15	36	0,42888832	1
201510024441	0,099092096	218	14	33	0,437575137	1
201510025441	0,053769272	219	13	32	0,41999936	1
201510030441	0,024141276	220	12	27	0,460739982	1
201510604441	0,278186263	221	11	25	0,45759918	1
201520001441	0,397103219	222	10	23	0,453912153	1
201520003441	0,056525001	223	9	22	0,429089978	1
201520008441	0,43036793	224	8	18	0,468887751	1
201520009441	0,297254814	225	7	17	0,437645854	1
201520010441	0,052555893	226	6	16	0,402498719	1
201520019441	0,30162382	227	5	10	0,543997951	1
201520607441	0,733941891	228	4	6	0,739996585	1
201520608441	0,625284371	229	3	5	0,687995902	1
201520610441	0,065149088	230	2	3	0,813326503	1
201520613441	0,315501493	231	1	1	1,43997951	1

Se presenta el proceso de selección de la muestra de egresados del programa de Estadística Aplicada de la Fundación Universitaria Los Libertadores del periodo académico 2002-1 hasta el 2015-2 y el tamaño de muestra obtenido para el M.A.S.

## Anexo 2

### Anexo 2.

*Aplicación del Algoritmo de Selección Bernoulli para el Muestreo de Conglomerados.*

<b>Conglomerado - Periodo Académico</b>	<b>Aleatorio</b>	<b>Ck (Criterio de Decisión)</b>	<b>Pertenencia</b>
2002-1	0,350804273	0,25	0
2002-2	0,983433789	0,25	0
2003-1	0,749924213	0,25	0
2003-2	0,859079126	0,25	0
2004-1	0,449245295	0,25	0
2004-2	0,730898234	0,25	0
2005-1	0,962362795	0,25	0
2005-2	0,371046315	0,25	0
2006-2	0,476990575	0,25	0
2007-1	0,612005247	0,25	0
2007-2	0,560525801	0,25	0
2008-1	0,789591001	0,25	0
2008-2	0,467819014	0,25	0
2009-1	0,403327568	0,25	0
2009-2	0,938919787	0,25	0
2010-1	0,307730915	0,25	0

2010-2	0,361665785	0,25	0
2011-1	0,014094187	0,25	1
2011-2	0,687187127	0,25	0
2012-1	0,959914686	0,25	0
2012-2	0,815933143	0,25	0
2013-1	0,877070432	0,25	0
2013-2	0,281925942	0,25	0
2014-1	0,617236776	0,25	0
2014-2	0,470082817	0,25	0
2015-1	0,991559628	0,25	0
2015-2	0,915158231	0,25	0

Se presenta el proceso de selección de la muestra de egresados del programa de Estadística Aplicada de la Fundación Universitaria Los Libertadores del periodo académico 2002-1 hasta el 2015-2 y el tamaño de muestra obtenido para el Muestreo de Conglomerados.